

MERIT エラントリー報告書

吉田 聡太

5 期生, 理学系研究科 物理学専攻

2017/02/27~2017/3/8

はじめに

MERIT プログラムのエラントリーを活用して、カナダのバンクーバーにある TRIUMF 研究所に滞在した。期間中は、2月28日から3月3日にわたって開かれた研究会に参加・ポスター発表および講演を行い、7日には同研究所の理論グループで1時間ほどのセミナーを行い、6日から8日まで研究所内の様々な研究者と議論した。今回訪れた TRIUMF 研究所は、カナダ国立の素粒子原子核物理研究所であり、British Columbia 大学のキャンパス内に位置しており、素粒子・原子核物理、加速器科学や物性科学の分野における国際的研究所として知られている。



図1 TRIUMF の入り口にある看板

workshop: Progress in Ab Initio Techniques in Nuclear Physics **におけるポスター発表および講演**

2月28日から3月3日に渡り開催されたワークショップ、Progress in Ab Initio Techniques in Nuclear Physics (<http://abinitio.triumf.ca/2017/index.html>) では、ポスター及び口頭発表を行った。内容としては、核子間に働く核力のうち、テンソル力と呼ばれる成分に特有の効果、chiral effective field theory に基づく現代的な核力の記述から理解できることを示した。

一般に chiral effective field theory に基づく記述のみならず、核力のモデルには、端的にいうと核力の持つ非摂動的な性質に由来して、種々の不定性が残されている。しかしながら、テンソル力は、他の中心力やスピン軌道力とは違い、核力を核子多体系の記述に応用する際に必要な、斥力芯の処理や、3体力(後述)を取り扱う処方箋などによらず、非常に精度良く決まっていることを示

した。このことは、中性子過剰な原子核で魔法数 (電子系でいう K 殻, L 殻等と類似の概念) が変化する機構に対する、より基礎的で強固な理解を与える。期間中には、TRIUMF のスタッフだけでなく、様々な研究機関から参加している研究者と議論することが出来た。とくに Darmstadt 工科大のグループや、Michigan State University で助教をしている人などとの議論が非常に有意義であった。



図 2 workshop の様子

Theory group seminar

3月7日には、同研究所の理論グループ内でセミナーを行った。セミナーでは主に、修士課程の2年間で取り組んできた、3体力の効果をどう理論に組み込むかや、その妥当性を、質量数 20 から 40 までの原子核に関する、殻模型と呼ばれる理論模型に基づいた計算結果を示しながら議論した。

3体力とは、3つ以上の核子があったときに初めて生じる力であり、クォークを内部構造にもつ核子の系に見られる特徴的な物理である。通常の多体系では、各構成要素間に働く力(2体力)を積み上げていけば、その系の性質を明らかにできると naive には期待されるが、核子多体系である原子核では、3体力の効果が2体力同様非常に重要であり、各種の物理量を計算する上でその精密な理論的な取扱いが必要不可欠となる。このことが原子核物理を難しく、また、面白くしている。

TRIUMF は3体力研究のメッカのひとつでもあり、精力的に研究が行われていることが、今回自身が TRIUMF へのエラントリーを希望した大きな理由のひとつでもあった。彼らが主に行っているような第一原理計算の手法の多くでは、Normal ordering と呼ばれる手法により、バレンス 2 核子と閉殻を構成する 1 核子間に働く 3 体力までを考慮することで、3 体力効果の大部分をとりつくせるという立場に基づいている。一方自身は、3つめの核子の自由度を、無限核物質に関する状態和をとって潰すことによって、3 体力の効果を自由空間における 2 体力への補正として取り込む方法を研究してきた。両者の違いや、自身の研究してきた後者の近似の妥当性などを紹介しながら、有益なコメントをもらったり、活発な議論ができた。理論グループのリーダーである Petr Navrátil 氏とは既に、3 体力に関する共同研究を初めており、今後は、3 体力を直接的に計算したうえで前述の normal ordering を取る手法も合わせて応用しながら、核力に基づく微視的な中重核の理解に向けて研究をすすめていく。

まとめ

滞在中、バンクーバーでは何度か雪が積もり、雪化粧をした針葉樹が非常に美しかった。11月から3月まで、バンクーバーは雨季となり、積もるほど雪がふるのはまれだという。研究所の周辺には大きなスーパーもあり、UBC 周辺も非常に落ち着いていて良い環境だった。

workshop やセミナーでは、とにかく彼らの activity に圧倒された。Preliminary なものとして見せる結果が次々とそれまでの第一原理計算の適用範囲を大きくこえた革新的なものであり、非常に大きな刺激を受けた。更にセミナーでは、次々と質問が出て、普段の講演とは違うよい緊張感と活発な議論を楽しむことが出来た。

日本では、核力を直接の出発点とする原子核構造の研究は立ち後れているというのが現状である。そんな中こうして TRIUMF を訪問し、議論が出来たり、最新の研究の一端に触れることができたのは大変貴重な経験であった。また、自身が MERIT コースに申請した理由の一つでもある「量子多体系の計算手法の探求」という観点からも、学ぶことが多かった。とくに、原子核の多体問題を現実的な計算時間で解くために重要になる「模型空間上の有効相互作用」と呼ばれるものを導出する手法として、自身とは異なる着想から取り組んでいる研究に触れ、新たな視点が得られたことは、今回の MERIT エラントリーの支援あつてのことである。「基礎理論 (QCD) から核力を、核力から原子核を理解する」という原子核物理の積年の課題に貢献すべく、今後も研究に精を出したい。

謝辞

素晴らしい機会を与えてくださった MERIT プログラム、副指導教官である常行真司教授、受入先である Petr Navrátil 教授ら初め TRIUMF の理論グループのメンバー、Navrátil 氏に紹介していただいた指導教官の大塚孝治教授に深く感謝いたします。

また、今回 MERIT エラントリーを申請するにあたって、本来なら複数大学等で講演を行うという規則になっているところを、用務地が一箇所であるものの複数の研究機関から多くの研究者が滞在していることや、2つの講演の内容が異なることなどを考慮していただき、特例的な申請を許可していただけたことに、心から感謝申し上げます。